

**ИНФОРМАЦИОННО-БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
СТРУКТУРЫ СПОРТИВНОГО УПРАЖНЕНИЯ**

**INFORMATION-BIOMECHANICAL MODEL
OF STRUCTURE SPORT EXERCISE**

Аннотация. В статье рассматриваются содержание и основы построения информационно-биомеханических моделей спортивных упражнений.

Summary. The article describes the contents and basics of building of information-biomechanical models of sports exercises.

Ключевые слова: биомеханический анализ, видеосъемка упражнений, спортивная техника, модель.

Keywords: biomechanical analysis, video shooting of exercises, sport technique, model.

Педагогические результаты биомеханического анализа соревновательных упражнений расширяют знания о биомеханических закономерностях двигательных действий спортсмена и являются теоретическим фундаментом для обоснования новых рациональных методик обучения технике спортивных движений [1; 2; 3]. Однако, как показал опрос тренерского состава Сибирского федерального округа по спортивной гимнастике, выполненного в рамках повышения квалификации (Россия, Ленинск-Кузнецк, 2013), применение сведений о биомеханических закономерностях построения движений непосредственно в учебно-тренировочном процессе в настоящее время не имеет широкого распространения, что и подчеркивает **актуальность** предпринятого нами исследования. В качестве одной из альтернатив такой информационной базы предлагается использовать информационно-биомеханические модели [4] техники упражнений, содержательной основой которых являются показатели кинематических и динамических характеристик разучиваемого упражнения [4; 5]. На наш взгляд, графическая поддержка цифровой информации о параметрах кинематических и динамических характеристик упражнения в содержательной части информационно-биомеханической модели упражнения позволит значительно увеличить информационную ценность данных моделей и эффективнее интерпретировать графический образ модели движения в рациональную структуру двигательного действия.

Существующие в биомеханике физических упражнений методы оценки кинематических и динамических параметров биосистемы не всегда позволяют не только сопоставить биомеханические характеристики раз-

личных исполнителей, но и проанализировать изменение биомеханического состояния одного и того же исполнителя в процессе выполнения соревновательного упражнения [6]. Дать обоснованное решение этой проблемы традиционными методами биомеханического анализа невозможно, т. к. обычно в качестве аргумента движения рассматривается время выполнения упражнения. Однако выполнение одного и того же соревновательного упражнения у каждого из исполнителей разное. Кроме этого, на траекторию биомеханической системы в конкретном соревновательном упражнении и, соответственно, времени его выполнения оказывает влияние различие в масс-инерционных характеристиках исполнителей.

Во всех случаях причина одна: невозможность рассмотрения различий в технике упражнения у различных исполнителей ввиду рассогласования времени их выполнения. В этой связи в настоящее время в научных исследованиях по биомеханике двигательных действий и в учебно-тренировочном процессе затруднительно использовать метод сравнения технического мастерства спортсменов, базирующийся на временном аргументе движения. Поэтому исполнители упражнений, а также и тренер рассматривают в качестве независимой биомеханической переменной не время, а в основном используют более практичный аргумент – положение звеньев тела спортсмена относительно опоры.

В качестве рабочей гипотезы выполненного исследования был выдвинут следующий тезис: сравнение технического мастерства спортсменов, выполняемое в сопоставлении с принятым эталоном («образец»), должно базироваться на моделях с независимым аргументом, инвариантным по отношению ко времени.

Одной из моделей такого инвариантного типа является, в частности, положение звеньев тела спортсмена относительно опоры. Интегральной биомеханической характеристикой, отражающей пространственное положение исследуемого объекта, является общий центр масс (далее – ОЦМ) тела спортсмена [6], угловые координаты которого и можно использовать в качестве аргумента движения.

Методика исследования. Нами разработан метод вычисления биомеханических характеристик упражнений, в котором в качестве независимого аргумента движения используется не время, а радиус-вектор ОЦМ тела спортсмена. Технологическая последовательность реализации предлагаемого подхода заключается в выполнении следующих операций:

1. Вычислить угловые координаты ОЦМ биомеханической системы на всей траектории анализируемого движения с шагом, по времени равным шагу дискретизации моделируемого движения.

2. Выполнить интерполяцию значений угловых координат ОЦМ биомеханической системы с заданным шагом аргумента, представленного в виде углового положения ОЦМ биосистемы.

3. Параллельно со второй процедурой вычисляется момент времени, относящийся к каждой точке дискретизации модели по созданному инварианту движения (угловое положение ОЦМ тела спортсмена).

4. Определить векторный массив времени, в котором каждому элементу вектора соответствует значение нового построенного аргумента движения (обратная интерполяция).

5. Для каждого вычисленного значения времени, соответствующего равноотстоящим значениям построенного нового биомеханического инварианта (аргумент) движения, вычислить двумерный массив обобщенных координат, обобщенных скоростей и обобщенных ускорений на всей траектории биомеханической системы.

6. Принять вычисленные значения обобщенных координат, обобщенных скоростей и обобщенных ускорений биомеханической системы в качестве исходных данных для последующего вычисления кинематических и динамических характеристик анализируемого движения как функций от нового синтезированного аргумента.

Радиус-вектор ОЦМ тела спортсмена – независимый аргумент движения. Так как число точек дискретизации расчетных моделей анализа движений биомеханических систем для различных исполнителей одного и того же исследуемого упражнения, относительно принятого (пространственного) аргумента движения, всегда будет равным, то появляется возможность выполнить сравнительный биомеханический анализ упражнений (рисунок 1).

На рисунке 1 показаны изменения угловых ускорений в суставных движениях в различных положениях ОЦМ тела спортсмена относительно грифа перекладины при выполнении одним и тем же исполнителем одного и того же гимнастического упражнения в различной модификации. Анализируется «Перелет Ткачева»: ноги врозь – А, согнувшись – В, прямые – С. Упражнение выполняет заслуженный мастер спорта России А. Голоцуцков. Отчетливо отмечаются различия как по амплитудным параметрам ускорений в различных упражнениях, так и по их максимальным проявлениям относительно углового положения ОЦМ тела спортсмена. Метод алгоритмизирован и реализован в компьютерной программе.

Как уже отмечалось, относительно углового положения ОЦМ тела спортсмена можно рассматривать эволюцию не только кинематических, но и динамических характеристик исследуемых упражнений. На рисунке 2 приведен сопоставительный график изменения результирующей силы ре-

акции опоры для трех вышерассмотренных гимнастических упражнений на перекладине.

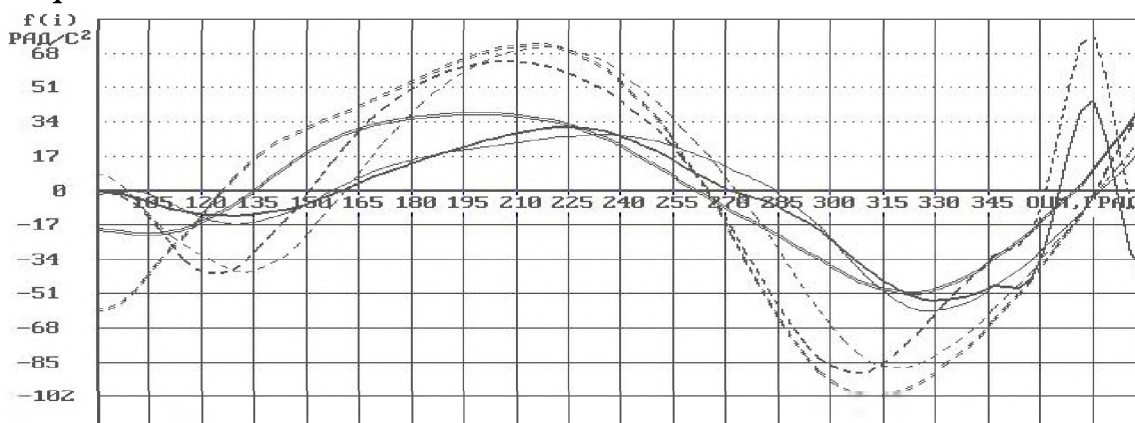


Рисунок 1 – Изменение ускорения программного управления в плечевых (—, —, —) и тазобедренных (- - -, - - -, = = =) суставах по пространственному аргументу движения в опорной части гимнастического упражнения А (—, - - -), В (—, - - -), С (—, = = =) прогрессирующей сложности «Перелет Ткачева»

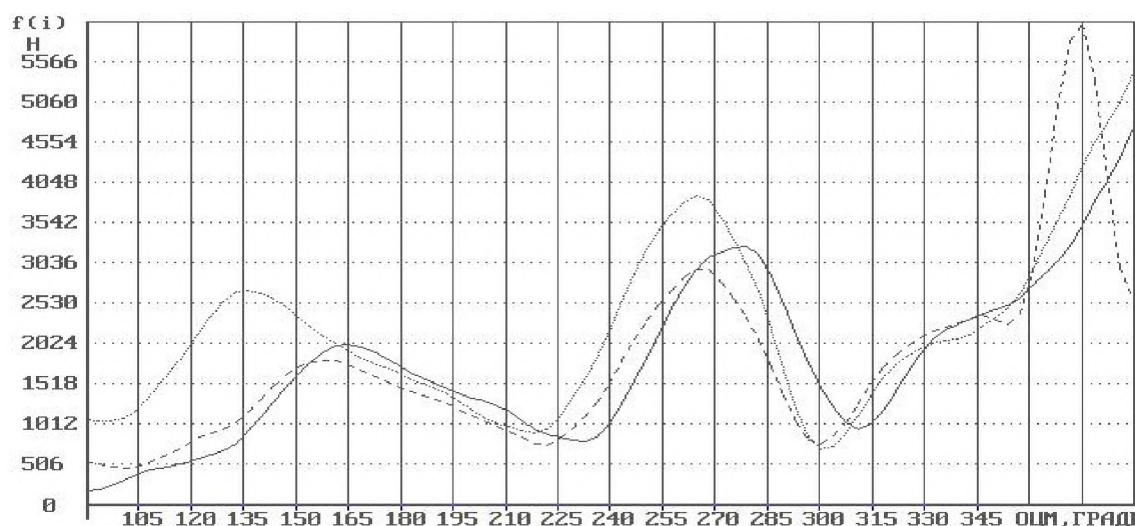


Рисунок 2 – Результирующая сила реакции опоры по пространственному аргументу движения в гимнастическом упражнении А (—), В (- - -), С (- - - - -) прогрессирующей сложности «Перелет Ткачева»

В отличие от графиков по временному аргументу движения, где провести сравнительный анализ изменения результирующей силы реакции опоры затруднительно, выполнить этот анализ по рисунку 2 достаточно просто.

Расстояние от ОЦМ тела спортсмена до точки опоры – независимый аргумент движения. Многие спортивные упражнения выполняются таким образом, что вращательная составляющая радиус-вектора ОЦМ тела спортсмена практически не изменяется, а если и изменяется, то в

очень узком диапазоне вариаций. Поэтому использовать метод замены времени, как аргумента движения, на радиус-вектор ОЦМ тела спортсмена не представляется возможным. Например, в спортивных упражнениях в тяжелой атлетике, когда ОЦМ системы «штанга–спортсмен» перемещается в вертикальном направлении более чем на 200 см, ОЦМ системы в горизонтальном направлении не превышают линейных размеров стопы атлета. В этих случаях мы предлагаем воспользоваться разработанным нами методом нормирующего множителя (рисунок 3).

Рассмотрим сущность метода на примере тяжелоатлетического упражнения «Рывок». Спортсмен выполнял три попытки с различным весом штанги в каждом из подходов: 70 кг, 100 кг, 140 кг. Каждый подход фиксировался видеосъемкой упражнения с частотой 25 кадров в секунду. Длительность выполнения упражнения (по числу видеокадров) составляла: 1-й подход – 52 кадра, 2-й подход – 68 кадров, 3-й подход – 84 кадра. Сопоставить биомеханическую картину движения в этих трех попытках очень затруднительно ввиду больших различий по времени выполнения упражнения. Поэтому для сравнительного биомеханического анализа параметров кинематических и динамических характеристик мы использовали методику нормирующего множителя, в которой временные параметры движения трансформируются в пространственные (перемещение штанги):

1. Вычислить в 1-м подходе штангиста высоту подъема штанги из исходного положения и до максимального уровня. Принять полученный показатель за 100%.

2. Разбить перемещение штанги, допустим, на 10 равных участков, составляющих 10% от всей длины подъема.

3. Операцию пунктов 1 и 2 выполнить соответственно для второго и третьего подходов.

4. Представить в компьютерной графике в совмещенном варианте на одной плоскости информационно-биомеханическую модель кинематических и динамических характеристик упражнения в 1-м, 2-м и 3-м подходах, в которой используется уже не временной аргумент движения, а пространственный, выраженный в процентах от всего перемещения штанги, принимаемого в каждом из подходов за 100 % (рисунок 3).

Эффективность восприятия информационно-биомеханической модели техники спортивных упражнений основана на зрительном представлении динамики изменения параметров биомеханических характеристик в отдельных фазах движения и всего упражнения в целом. Качественная картина изменений должна подкрепляться цифровыми данными параметров вариаций кинематических и динамических показателей изучаемого упражнения.

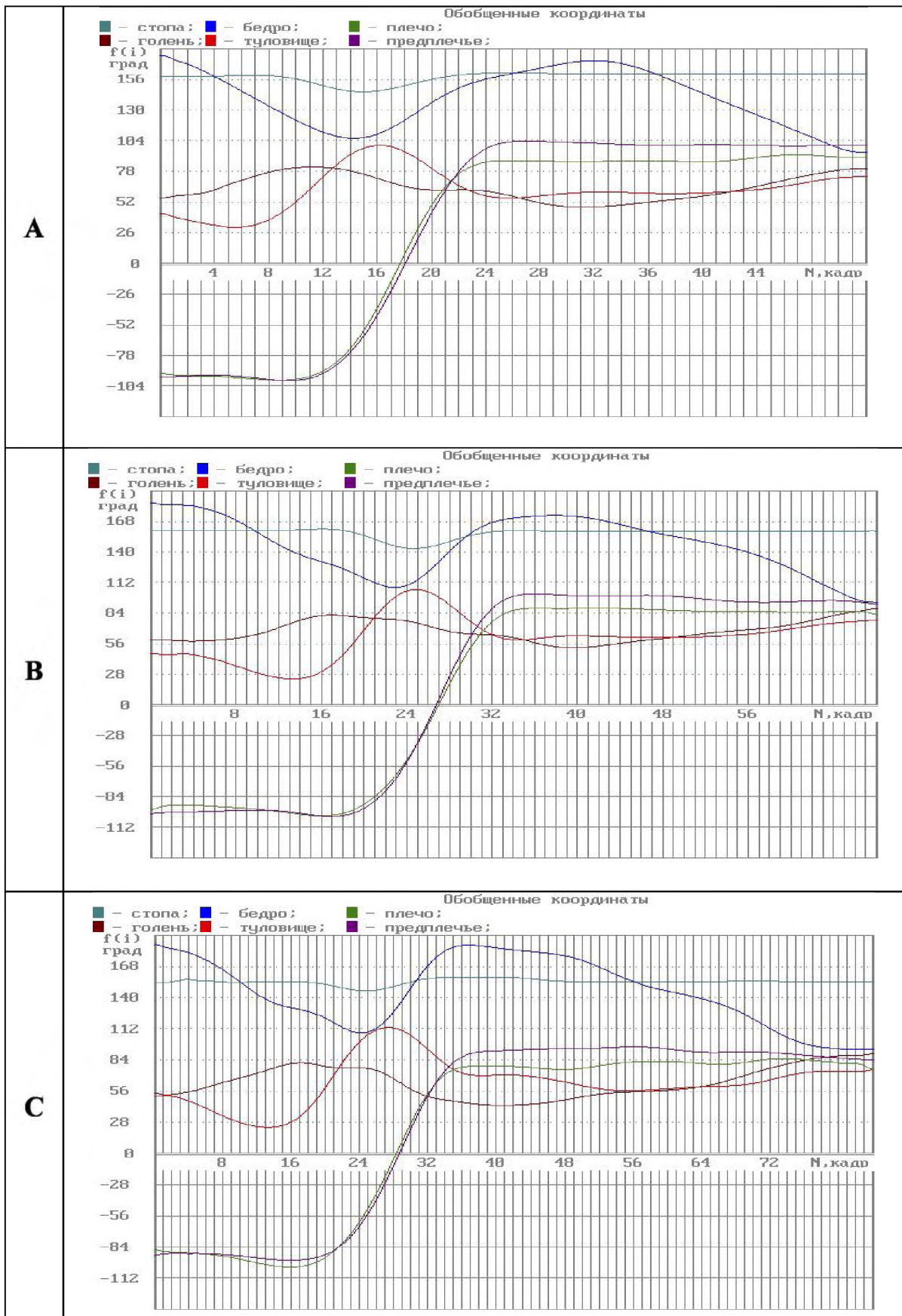


Рисунок 3 – Обобщенные координаты тяжелоатлета при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

В биомеханических исследованиях, связанных со сравнительным изучением кинематической и динамической структуры движений различных исполнителей, целесообразно использовать, в ряде случаев, в качестве аргумента движения не время, а угловое положение ОЦМ тела спортсмена относительно опоры или нормирующий множитель пространственного линейного перемещения ОЦМ тела спортсмена. Предлагаемая методика нормирования биомеханических характеристик упражнений делает доступным проведение сравнительного анализа техники соревновательных упражнений, выполняемых различными спортсменами. Практика спорта подтверждает данный тезис, т. к. очень часто анализ техники соревновательных упражнений выполняется со ссылкой на пространственные характеристики движения.

Библиографический список

1. Гавердовский, Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика / Ю.К. Гавердовский. – М. : Физкультура и спорт, 2007. – 912 с.
2. Коренберг, В.Б. Основы качественного биомеханического анализа / В.Б. Коренберг. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – 209 с.
3. Уткин, В.Л. Биомеханика физических упражнений : учеб. пособие для студентов фак-тов физ. воспитания пед. ин-тов / В.Л. Уткин. – М. : Просвещение, 1989. – 210 с.
4. Дмитриев, С.В. Социокультурная теория двигательных действий спортсмена: Проблемы, поиски, решения / С.В. Дмитриев. – Н. Новгород : НГПУ, 2005. – 300 с.
5. Ельник, И.Э. Некоторые вопросы организации программированного обучения гимнастическим упражнениям / И.Э. Ельник // Гимнастика : сб. ст. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – Вып. 2. – С. 22–25.
6. Загrevский, В.И. Планирование траектории управляющих движений спортсмена в координатах внешнего пространства / В.И. Загrevский, В.О. Загrevский // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 10. – С. 56-61.